



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>G21C 7/10, 7/24</b>		A1	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 97/48104</b> (43) Date de publication internationale: 18 décembre 1997 (18.12.97)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: <b>PCT/FR97/01054</b></p> <p>(22) Date de dépôt international: 12 juin 1997 (12.06.97)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 96/07430 14 juin 1996 (14.06.96) FR</p> <p>(71) Déposants (<i>pour tous les Etats désignés sauf US</i>): FRAM-ATOMÉ [FR/FR]; Tour Framatome, 1, place de la Coupole, F-92400 Courbevoie (FR). COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES [FR/FR]; 2, rue Paul Dautier, F-78140 Vélizy Villacoublay (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et</p> <p>(75) Inventeurs/Déposants (<i>US seulement</i>): HERTZ, Dominique [FR/FR]; 35, côte de l'Hormet, F-69110 Sainte Foy lès Lyon (FR). ROMARY, Jean-Michel [FR/FR]; 38, rue Grillon, F-69006 Lyon (FR).</p> <p>(74) Mandataire: FORT, Jacques; Cabinet Plasseraud, 84, rue d'Amsterdam, F-75009 Paris Cedex 09 (FR).</p>		<p>(81) Etats désignés: CN, JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>	

(54) Title: ABSORBENT PENCIL FOR A NUCLEAR REACTOR CONTROL CLUSTER, AND METHOD FOR MAKING SAME

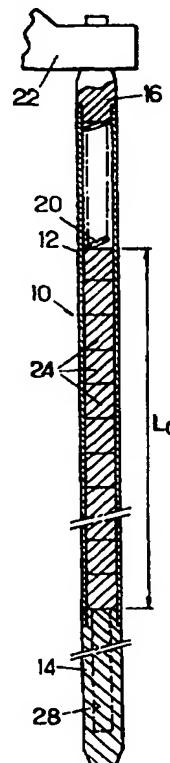
(54) Titre: CRAYON ABSORBANT POUR GRAPPE DE COMMANDE DE REACTEUR NUCLEAIRE ET PROCEDE DE FABRICATION

## (57) Abstract

An absorbent pencil of which at least the lower portion contains a neutron absorber consisting of a hafnium metal compound coated with a wear protection layer of oxide or chromium having a thickness of at least 5  $\mu\text{m}$ .

## (57) Abrégé

Le crayon absorbant contient, au moins dans sa partie basse, un absorbant neutronique formé par un composé métallique d'hafnium revêtu d'une couche de protection contre l'usure, formée d'oxyde ou de chrome, d'au moins 5  $\mu\text{m}$  d'épaisseur.



***UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION***

**Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publant des demandes internationales en vertu du PCT.**

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizstan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

**CRAYON ABSORBANT POUR GRAPPE DE COMMANDE  
DE REACTEUR NUCLEAIRE ET PROCEDE DE FABRICATION**

5       La présente invention concerne les crayons absorbants destinés à être intégrés à des grappes de commande pour réacteur nucléaire. Elle est notamment utilisable dans les réacteurs modérés et refroidis par de l'eau sous pression, dont le cœur est constitué par des assemblages de combustible ayant chacun un faisceau de crayons de combustible retenus aux noeuds d'un réseau régulier par un squelette formé d'embouts reliés par des tubes-guides portant des grilles de maintien des crayons. Dans ce cas, chaque grappe est constituée par une araignée liée à un mécanisme de 10 commande et portant des crayons contenant du matériau absorbant destinés à être insérés plus ou moins profondément dans les tubes guides ou même extraits totalement du cœur.

15

Habituellement, le réglage de puissance et l'arrêt du réacteur mettent en oeuvre plusieurs groupes de grappes de 20 constitutions différentes (telles que des grappes dites "noires", très absorbantes, et des grappes "grises" moins absorbantes).

Les grappes "noires" sont constituées de crayons contenant un matériau fortement absorbant, tel qu'un alliage 25 Ag-In-Cd ou le carbure de bore  $B_4C$ , dans une gaine, généralement en acier inoxydable. Ces crayons présentent des limitations lorsqu'ils sont destinés à des réacteurs mis en oeuvre en "suivi de charge" et/ou à une utilisation très longue. L'alliage Ag In Cd est sujet au fluage et au 30 gonflement sous irradiation. Le carbure  $B_4C$  présente un gonflement important sous irradiation. L'hafnium est un absorbant neutronique qui ne flue pas aux températures de travail et qui ne gonfle pas sous irradiation. Toutefois, il exige d'être protégé de l'hydruration s'il est dans une 35 gaine en acier ou de l'usure s'il est amené à frotter contre

les éléments de guidage.

Le remplacement de Ag In Cd par le hafnium dans une gaine permet d'éviter le gonflement à condition d'éviter l'hydruration de l'hafnium. Mais les tentatives de constituer des crayons de ce genre se sont heurtées à des difficultés. Après usure de la pellicule d'oxyde naturelle de l'hafnium, par suite du frottement, l'hafnium吸orbe de l'hydrogène qui a traversé la gaine et gonfle, à un point tel qu'il peut devenir nécessaire de changer prématulement des grappes.

Un problème similaire se pose pour les crayons des grappes "grises" contenant des crayons moins absorbants.

L'invention vise notamment à fournir un crayon absorbant capable de supporter une irradiation de longue durée en réacteur en exploitation et pouvant être rendu compatible avec les crayons actuels, notamment pour constituer des grappes de remplacement.

Dans ce but l'invention propose notamment un crayon absorbant pour grappe de commande de réacteur nucléaire comportant une gaine fermée par des bouchons et contenant, au moins dans sa partie basse, un absorbant neutronique, la gaine étant en alliage HfZr et étant revêtue d'une couche de protection, formée d'oxyde ou de chrome, d'au moins 5 µm d'épaisseur. La partie basse représente en général au moins 15 % de la longueur du crayon, c'est-à-dire de la bande de manoeuvre.

Le bouchon inférieur peut être en matériau métallique à base d'hafnium. Il occupe au moins 15 % de la longueur ou il est court et surmonté d'une colonne de matériau métallique à base d'hafnium jusqu'à atteindre cette longueur.

Ainsi l'absorbant à la partie inférieure du crayon, celle qui est le plus fréquemment dans le cœur, est constitué d'un matériau qui ne flue pas. Le gonflement susceptible de fissurer une gaine n'est pas non plus à craindre. Ce matériau, lorsqu'il constitue un bouchon long,

peut être traité en même temps que la gaine, généralement par oxydation, pour limiter l'usure dans un guide de grappe ou un assemblage combustible. En ajustant le volume d'une cavité à l'intérieur du bouchon ou la longueur du bouchon, la masse du crayon peut être réduite et rendue compatible avec des mécanismes de commande existants. De même le pouvoir absorbant peut être adapté à l'utilisation souhaitée.

La gaine peut être en alliage Hf-Zr contenant au moins 10 18 % en poids de Hf, pouvant contenir quelques centaines à quelques milliers de ppm de fer et/ou d'oxygène. L'adjonction d'oxygène jusqu'à environ 1800 ppm permet d'augmenter les caractéristiques mécaniques sans affecter de façon inacceptable la facilité de mise en forme. L'ajout de fer, 15 à une teneur ne dépassant pas 800 ppm, augmente la tenue en corrosion dans l'eau et la vapeur sous pression.

La teneur en hafnium des matériaux absorbants est choisie en fonction de divers paramètres. Si on souhaite abaisser le coût de la matière première, une teneur d'environ 20 30 % Hf - 70 % Zr en poids est favorable du point de vue économique, car c'est la teneur de la solution mère lors de la séparation zirconium-hafnium. L'utilisation directe de l'alliage issu de la solution mère abaisse le coût de la matière presque à celui du Zircaloy 4. De plus la malléabilité de l'alliage est améliorée par la présence de zirconium.

Si en revanche on souhaite donner à la gaine une absorption maximale à masse donnée, on choisira un alliage ne contenant pratiquement pas de zirconium.

La résistance à l'usure de la gaine est accrue par le traitement de surface qui est un chromage ou, avantageusement, une oxydation thermique en atmosphère de O<sub>2</sub> ou O<sub>2</sub>-Ar durant quelques heures. Cette oxydation peut notamment être dans l'oxygène-argon durant 3 à 15 heures entre 850° C et 35 950° C. A cette température, 5 à 6 heures de traitement

conduisent à une épaisseur d'oxyde de 10 µm pour un alliage ne contenant pas de fer, à une épaisseur de 6-7 µm pour un alliage contenant environ 350 ppm de fer. L'oxyde adhérent apporte une protection très efficace contre l'usure et l'hydruration ultérieure dès que l'épaisseur est supérieure à 5 µm. La gaine aura généralement une épaisseur d'au moins 0,4 mm.

5 L'hafnium et le zirconium participent à la rétention de l'hydrogène produit par l'oxydation externe et la rétention du tritium produit éventuellement par la transformation sous irradiation d'absorbant à base de bore contenu dans le crayon.

10 Le bouchon inférieur pourra être constitué par un barreau plein en hafnium métallique ayant une teneur en zirconium ne dépassant pas 4 % en poids, soudé à la gaine, par exemple par faisceau d'électrons, TIG ou laser. Lorsqu'il remplace l'absorbant habituellement contenu dans la partie basse de la gaine, il occupe une longueur importante (par exemple 750 mm pour un réacteur actuel à eau sous 15 pression de 900 MWe et 1000mm pour un 1300 MWe). Un tel bouchon long ne gonfle pas et ne flue pas. Il écarte les problèmes de gonflement et de fissuration. Il peut être traité en même temps que la gaine par oxydation (ou formation d'autre revêtement) pour limiter l'usure dans le guide de grappe ou l'assemblage combustible. Pour adapter la 20 masse, le bouchon peut être creux.

25 Le bouchon supérieur qui ferme la gaine supporte moins de contraintes neutroniques que les autres éléments, ce qui laisse davantage de possibilités de choix. Toutefois, il doit être soudable à une gaine constituée par un alliage de Zr et Hf (ce qui est le cas des alliages à base de Zr, Hf et Ti) et susceptible d'être protégé contre la corrosion.

30 Le bouchon supérieur ne peut être en Zircaloy du fait d'une tenue mécanique limitée dans le temps si on protège 35 l'ensemble du crayon par oxydation après soudage du bouchon

supérieur. On préférera en général un alliage Ti-Zr, notamment Ti 80 - Zr 20 ou un alliage identique à celui de la gaine.

L'absorbant contenu dans la partie supérieure du crayon peut avoir diverses natures. Il est cependant avantageux d'utiliser un empilement de pastilles de diborure d'hafnium-zirconium, par exemple (Hf 28-Zr 72)  $B_2$ , issu de la boruration du mélange mère Hf 30 - Zr 70.

Du fait de l'absorption neutronique de l'hafnium contenu dans la gaine et dans le borure d'hafnium, l'absorption par le bore 10 et la production d'hélium, responsables du gonflement des absorbants à base de borures, sont réduites. De plus, le système cristallin hexagonal de  $HfB_2$  et  $ZrB_2$  permet l'insertion d'un plus grand nombre d'atomes d'hélium dans son réseau que le  $B_4C$  qui est rhomboédrique et cela diminue le relâchement d'hélium. Enfin, l'absorbant (Hf, Zr)  $B_2$  est thermiquement stable et n'interdit pas le traitement thermique d'oxydation sur le crayon terminé.

Le ressort de maintien des pastilles doit être en un matériau supportant des températures élevées si l'on souhaite effectuer une oxydation thermique sur le crayon terminé. On peut utiliser un super alliage à base de nickel ou un alliage réfractaire Ti-Zr, ou à base d'hafnium.

L'invention sera mieux comprise à mesure de la description qui suit de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux figures 1-3 qui l'accompagnent et montrent des crayons en coupe longitudinale.

On donnera tout d'abord des exemples de composition utilisables pour des crayons destinés à des grappes devant se substituer à des grappes noires existantes. La masse du crayon doit être la même que celle du crayon remplacé, à quelques pour cent près, et l'absorption neutronique doit être égale ou légèrement supérieure.

Le crayon 10 montré en figure 1 (où l'échelle n'est pas

respectée pour plus de clarté) comporte une gaine 12 fermée par des bouchons 14 et 16 et contenant une colonne de matériau absorbant retenue en appui contre le bouchon inférieur 14 par un ressort 20 comprimé entre la colonne et le bouchon supérieur 16. Le bouchon supérieur 16 permet de fixer le crayon à un doigt d'une araignée 22.

Pour adapter l'absorption neutronique, il est possible d'agir sur différents paramètres :

- ajustage de la densité des pastilles ( $\text{Hf}$ ,  $\text{Zr}$ )  $\text{B}_2$  ou remplacement de ces pastilles par de l'hafnium.
- utilisation d'un bouchon inférieur creux pour compenser l'augmentation d'absorption avec le diamètre extérieur,
- utilisation d'une gaine en matériau moins absorbant que  $\text{Hf}$  30-Zr 70.

Le risque de masse excessive de la grappe de remplacement se pose surtout pour les grappes "noires" des réacteurs de 1300 MWe existants, qui utilisent comme absorbant un alliage Ag-In-Cd, moins dense que l'hafnium, et  $\text{B}_4\text{C}$  moins dense que  $(\text{Hf-Zr})\text{B}_2$ . L'ajustage peut s'effectuer par emploi d'un bouchon inférieur creux à teneur élevée en Hf et contenant éventuellement des pastilles absorbantes.

Inversement, le risque de masse trop faible peut se poser dans des grappes de remplacement pour un réacteur de 900 MWe, où on remplace de l'alliage Ag-In-Cd par du  $(\text{Hf-Zr})\text{B}_2$  moins dense à la partie supérieure. Dans ce cas, l'allongement du bouchon inférieur ou le remplissage de la gaine de pastilles en hafnium, de densité élevée, permet d'augmenter la masse. Du fait de la présence d'une gaine en alliage imperméable à l'hydrogène, il n'y a pas d'hydratation des pastilles en hafnium.

On donnera maintenant quelques exemples, correspondant à des crayons pour grappe noire et pour grappe grise.

Crayon pour grappe noire de réacteur REP  
de 900 MWe :

Exemple 1 :

5

Crayon à bouchon inférieur long

Le mode de réalisation de la figure 1 comporte un bouchon inférieur 14 "long", occupant au moins 40 % de la longueur du crayon, en alliage Hf-Zr, surmonté par une colonne de pastilles de  $(\text{Hf-Zr})\text{B}_2$ .

10

Bouchon supérieur 16 : Zircaloy 4, ou alliage Ti80-Zr 20 %, ou alliage Hf 30-Zr 70 %.

15

Ressort 20 : super alliage à base de nickel, ou alliage Ti80-Zr 20 %, ou Hf 30-Zr 70 %.

Gaine 12 : Hf 30 - Zr70 % de 194 cm de long, ayant un diamètre extérieur de 9,68 mm et une épaisseur de 0,98 mm.

20

Bouchon inférieur : Hf de 181 cm de long.

Absorbant 24 : colonne de pastilles de  $(\text{Hf 28 - Zr 72})\text{B}_2$  à 85 % de la densité théorique d'environ  $L_0 = 194$  cm de long.

25

Exemple 2 :

Crayon à bouchon inférieur court et colonne de pastilles de Hf au-dessus du bouchon (figure 2).

Mêmes ressorts et bouchon supérieur que pour l'exemple 1.

30

Gaine 12 : Hf30Zr70 % de 372 cm de long, épaisseur de 0,47 mm.

Bouchon inférieur : Hf de 3 cm de long.

Pastilles 26 au-dessus du bouchon inférieur : Hf de 8,66 de diamètre, sur une longueur de  $41 = 244$  cm.

35

- colonne 24, absorbant de même composition que dans

l'exemple 1, diamètre 8,53 mm sur une longueur de 108 cm.

Bouchon inférieur en Hf de 3 cm.

5

Crayon pour grappe noire de réacteur REP de 1300 MWe

Exemple 3

Bouchon inférieur long.

10

Bouchon supérieur en Zircaloy 4, ou en alliage Ti-Zr ou en alliage Hf30-Zr70 %.

15

Ressort en super-alliage à base de nickel.

Gaine de 332 cm en Hf30-Zr 70 %, diamètre 9,68 mm et épaisseur 0,98 mm.

Bouchon inférieur creux en Hf de 106 cm de long, de 9,68 mm de diamètre, avec cavité 28 de 6,12 mm de diamètre absorbant = colonne de pastilles de  $(\text{Hf}_{28}\text{-Zr}_{72})\text{B}_2$  à 85 % de la densité théorique, de longueur  $L_0 = 314$  cm.

20

Crayon pour grappe grise de réacteur de 900 Mwe

Dans ce cas le crayon peut être massif et constitué d'alliage d'hafnium protégé contre l'hydruration par une couche d'oxyde résistant à l'usure. Le crayon est en forme de tube fermé par des bouchons.

25

Exemple 4 (figure 3)

30

Cravon constitué par un tube 12, formant gaine, un Hf30/Zr 70 % de 9,68 mm de diamètre et 1,54 mm d'épaisseur, avec un bouchon renforceur 14 en Hf 30-Zr 70 % de 3 cm de long, contenant une cale 30 en acier inoxydable de 360 cm de long destinée à augmenter la masse.

35

Cravon pour grappe grise de réacteur de 1300 MWeExemple 5 (figure 3)

5

Tube en Hf30-Zr 70 % de 9,68 mm de diamètre et 1,09 mm d'épaisseur de 433 cm de long.

Bouchon inférieur en Hf 30-Zr 70 % de 3 cm de long.

10

Cale en acier inoxydable de 42 cm de long et 7,4 mm de diamètre.

15

Un procédé de fabrication avantageux des crayons pour grappe noire consiste à fabriquer, par des procédés qui peuvent être classiques, les bouchons, la gaine, les pastilles d'absorbant, et le ressort. Les composants sont assemblés et les bouchons soudés, par exemple par soudage TIG ou laser. Finalement, une couche de protection contre l'usure est créée par oxydation ménagée de la surface extérieure en atmosphère d'oxygène pur ou de O<sub>2</sub>-Ar, à une température comprise entre 850° C et 950° C. La durée de l'opération est telle que la couche de protection atteigne au moins 5 µm si une durée d'utilisation de plusieurs dizaines d'années est recherchée. Il est en revanche inutile d'aller au-delà de 30 µm.

20

**REVENDICATIONS**

5           1. Crayon absorbant pour grappe de commande de réacteur nucléaire, comportant une gaine fermée par des bouchons et contenant, au moins dans sa partie basse, un absorbant neutronique, la gaine étant en alliage Hf-Zr et étant revêtue d'une couche de protection, formée d'oxyde ou de chrome, d'au moins 5 µm d'épaisseur.

10          2. Crayon selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche est en oxyde de 5 à 30 µm d'épaisseur.

3. Crayon selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la partie basse représente au moins 15 % de la longueur du crayon.

15          4. Crayon selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que le bouchon inférieur est ou bien en matériau métallique à base d'hafnium et occupe au moins 15 % de la hauteur ou bien est court et surmonté d'une colonne de matériau à base d'hafnium pour arriver à cette hauteur.

20          5. Crayon selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la gaine contient au moins 18 % en poids de Hf et est avantagusement en alliage 30 % Hf-70% Zr environ.

25          6. Crayon selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'alliage d'hafnium contient 0 à 1800 ppm d'oxygène et 0 à 800 ppm de fer.

7. Crayon selon les revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que le bouchon inférieur est en alliage d'hafnium et de zirconium à moins de 4 % de zirconium en poids.

30          8. Crayon selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que le bouchon inférieur est en alliage hafnium-zirconium et est surmonté d'une cale en acier inoxydable.

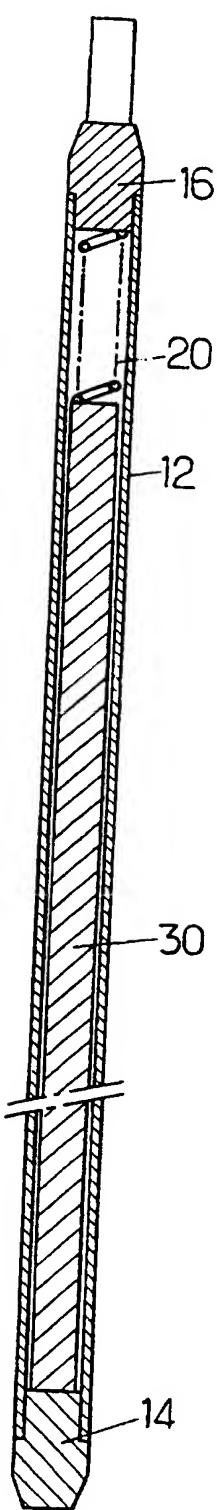
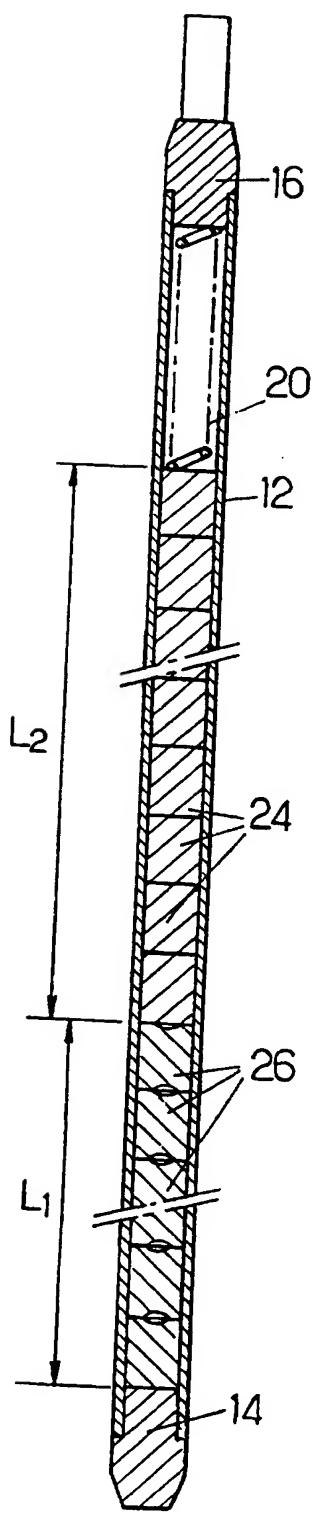
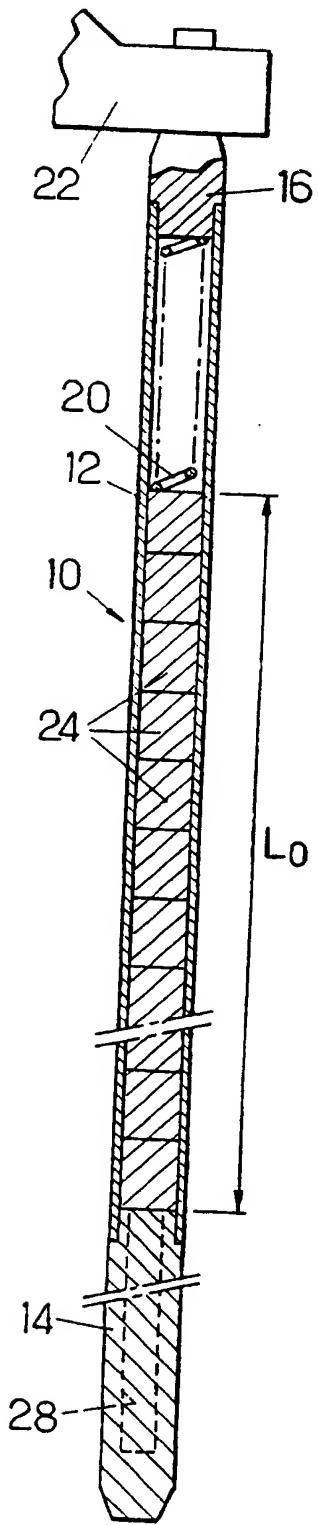
35          9. Crayon selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'absorbant est constitué, au-dessous du bouchon inférieur, par une colonne de pastilles de borure.

10. Crayon selon la revendication 9, caractérisé en ce que le borure est HfZr B<sub>2</sub>.

11. Crayon absorbant pour grappe de commande de réacteur nucléaire comportant une gaine fermée par des bouchons, 5 caractérisé en ce que la gaine et au moins le bouchon inférieur sont en un alliage d'hafnium et en ce que la gaine et les bouchons sont revêtus d'une couche de protection formée d'oxyde ou de chrome, d'au moins 5 µm d'épaisseur.

12. Procédé de fabrication de crayon suivant la revendication 4, caractérisé en ce qu'on constitue la gaine, l'absorbant, et un ressort de manteau de la colonne, on assemble ces composants, on soude les bouchons, et on crée une couche de protection contre l'usure par oxydation ménagée de la surface extérieure en atmosphère d'oxygène pur ou de O<sub>2</sub>-Ar, à une température comprise entre 850° C et 15 950° C.

1/1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inten... Application No  
PCT/FR 97/01054

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC 6 G21C7/10 G21C7/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 421 868 A (FRAMATOME SA ;COGEMA (FR)) 10 April 1991	1-3
A	see page 1, line 1 see page 1, line 20 - line 21 see page 1, line 50 - page 2, line 3 see page 5, line 1 - line 17 see page 6, line 15 - line 23 see page 6, line 37 - line 43 see page 7, line 6 - line 8; figure 1 ---	4,11,12
A	FR 2 604 188 A (FRAMATOME SA ;COGEMA (FR)) 25 March 1988 see page 1, line 9 - line 28 see page 3, line 8 - line 18; figures 1,2 see page 2, line 5 - line 10; figure 1 ---	1,2,11, 12
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

1

Date of the actual completion of the international search

24 September 1997

Date of mailing of the international search report

01.10.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jandl, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 97/01054

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 505 064 A (MOCK JAMES W ET AL) 7 April 1970 see column 1, line 21 - line 25; table 1 -----	5-7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International	Application No.
	PCT/FR 97/01054

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0421868 A	10-04-91	FR 2652591 A DE 69020483 D DE 69020483 T ES 2074145 T US 5328524 A	05-04-91 03-08-95 09-11-95 01-09-95 12-07-94
FR 2604188 A	25-03-88	BE 1004393 A US 4873117 A	17-11-92 10-10-89
US 3505064 A	07-04-70	FR 1497313 A	29-12-67

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De la Recherche Internationale No  
PCT/FR 97/01054

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 6 G21C7/10 G21C7/24

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 6 G21C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 421 868 A (FRAMATOME SA ; COGEMA (FR)) 10 avril 1991 voir page 1, ligne 1 voir page 1, ligne 20 - ligne 21 voir page 1, ligne 50 - page 2, ligne 3 voir page 5, ligne 1 - ligne 17 voir page 6, ligne 15 - ligne 23 voir page 6, ligne 37 - ligne 43 voir page 7, ligne 6 - ligne 8; figure 1 ---	1-3
A	FR 2 604 188 A (FRAMATOME SA ; COGEMA (FR)) 25 mars 1988 voir page 1, ligne 9 - ligne 28 voir page 3, ligne 8 - ligne 18; figures 1,2 voir page 2, ligne 5 - ligne 10; figure 1 ---	4,11,12
A	---	1,2,11, 12
	-/-	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

1

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 septembre 1997

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

01.10.97

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Jandl, F

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem... nationale No  
PCT/FR 97/01054

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Categorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 3 505 064 A (MOCK JAMES W ET AL) 7 avril 1970 voir colonne 1, ligne 21 - ligne 25; tableau 1 -----	5-7
1		

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Document Internationale No

PCT/FR 97/01054

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0421868 A	10-04-91	FR 2652591 A DE 69020483 D DE 69020483 T ES 2074145 T US 5328524 A	05-04-91 03-08-95 09-11-95 01-09-95 12-07-94
FR 2604188 A	25-03-88	BE 1004393 A US 4873117 A	17-11-92 10-10-89
US 3505064 A	07-04-70	FR 1497313 A	29-12-67